Gigov Z. Über den Bau, die Blutversorgung und die Innervation der Gelenkkapseln der Extremitäten beim Rind.— Anat. Anz., 1964, 114, H. 5, S. 453—482.
Poláček P. Nervi Kolenniho kloubu u cloveke.— Cs. morphol. 8, N 3, 1960, s. 251—261.

Институт зоологии
АН УССР

Поступила в редакцию
1.IX 1978 г.

УДК 611.737.3—019

Я. Р. Синельников, Н. Г. Самойлов, А. Н. Микитюк, В. П. Поляков

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА ГРУДНЫХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПРИМАТОВ

Современная литература располагает достаточно полными сведениями по иннервации скелетных мышц человека и животных (Ковешникова, 1954, 1961; Maillard, 1957; Corvalo-Pinto, 1957; Gerkow, Best, 1958; Синельников, 1967; Бобин, 1973). В то же время морфо-функциональные особенности мышц, действующих на плечевой, локтевой и лучезапястный суставы грудных конечностей приматов, и закономерности их иннервации изучены недостаточно.

Материалом для данного исследования были все мышцы и их иннервационный аппарат, действующие на основные суставы грудной конечности. Изучены следующие виды приматов: бурый черноголовый капуцин (*Cebus appela* Erxleb.) — 4; мартышка зеленая (*Cercopithecus sabaeus* Brün.) — 3; макак-резус (*Macacus rhesus* Andeb.) — 4; макак-лапундер (*Macacus lapunder* L.) — 2; павиан гамадрил (*Papio hamadryas* L.) — 5; павиан анубис (*Papio anubis* Fisch.) — 3; черный тонкотел (*Pithecus maurus* Raff.) — 4; обыкновенный шимпанзе (*Anthropopithecus troglodytes* Geoff.) — 2; горилла (*Gorilla gorilla* Sav.) — 1; человек — 10. Работа выполнена макро-микроскопическим методом тонкой препаровки (по Воробьеву).

Анализ полученных данных показал, что большинство изученных мышц груди, спины и плечевого пояса как человека, так и обезьян имеют сложную перистую структуру, при этом, пучки, расположенные в поверхностном слое и в проксимальных отделах мускулов, обычно намного длиннее глубоких и имеют продольное направление, вступая в дистальное сухожилие под очень острым углом. Глубокие пучки — короткие, имеют косое направление по отношению к длинной оси мышцы и входят в сухожилия под острым углом. Следовательно, поверхностные слои мышц по строению можно отнести к динамическим, а глубокие — к статическим, причем, более развитыми динамическими отделами мышц обладают мартышкообразные обезьяны, ведущие древесный образ жизни, а статические отделы более развиты у антропоморфных видов. У человека те и другие отделы мышц развиты примерно одинаково. По сравнению с мышцами, действующими на плечевой сустав, мышцы плеча и предплечья имеют менее развитый статический слой у всех изученных животных и человека.

Особенности структуры изученных мышц у обезьян, ведущих преимущественно наземный образ жизни (их перистость, а значит и большой физиологический поперечник, а также обширная площадь прикрепления, особенно на лопатке), могут быть объяснены тем, что эта группа мышц способна выполнять большую физическую работу, что характерно для статических мышц.

Места прикрепления мышц плечевого пояса, их взаиморасположение хорошо приспособлены к сложным локомоторным актам, что особенно наглядно иллюстрируются морфо-функциональным анализом мышц, действующих на плечевой сустав. Так, некоторые из них (предостная, заостная) вплетаются в капсулу плечевого сустава, натягивая ее при сокращении, а сухожилие подлопаточной мышцы очень часто проходит даже в полость сустава (наблюдается у высших обезьян и человека), что имеет значение для фиксации головки плечевой кости. Наблюдающееся у низших обезьян более близкое расположение конечного сухожилия от точки опоры (проксимальная часть плечевой кости) дает возможность мышцам плечевого пояса выполнять разнообразные движения с большим размахом, характерным при брахиации.

Мышцы верхней конечности человека по своему топографическому положению и по внутреннему строению полностью содействуют проявлению функциональных особенностей руки, сочетающей в себе значительную физическую силу и большую степень подвижности.

Нервная система мышцы, являясь составной частью единого нервно-мышечного аппарата, также находится в корреляционной зависимости от функциональных особенностей данной мышцы. При этом интенсивность нервоснабжения зависит от дифференцированности функций. Количество вступающих в мышцу нервных стволов связано с функциональной и морфологической разобщенностью мышцы. Например, подлопаточная мышца, имея 4—6 дифференцированных мышечных конусов, снабжается 4—5 ветвями подлопаточных нервов, а морфо-функциональный анализ дельтовидной мышцы дает возможность объяснить факт наличия двойной иннервации последней у шимпанзе и человека (от подкрыльцового и медиального грудного нервов). В морфологическом отношении дельтовидная мышца человекообразных обезьян находится на самой высокой ступени развития по сравнению с другими изученными видами животных. У антропоморфных обезьян она имеет три примерно одинаковые и самостоятельные части (так как наблюдается возможность сокращения каждой отдельно взятой из частей).

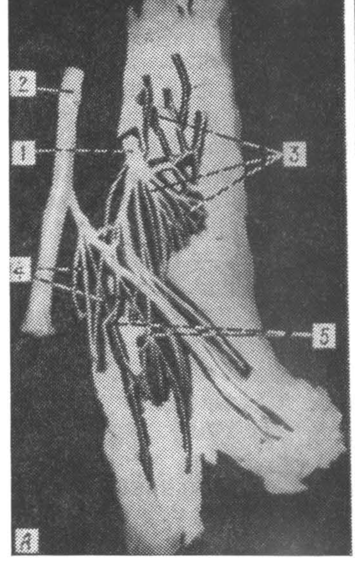
Преобразования в характере деятельности мышцы в известной степени формируют саму мышцу, что ярко демонстрируется на примере дельтовидного мускула. Эта мышца наряду с большой силой (что способствует фиксации суставного свода) проявляет широкую функциональную активность, принимает непосредственное участие в круговом движении конечности (ротации). Как отмечают некоторые авторы (Жеденов, 1962 и др.) дельтовидная мышца обезьян дифференцирована даже сильнее, чем у человека, что подтверждается особенностями ее иннервации.

Исследование мест вступления нервов в толщу мышц показало, что нервные стволы подходят к последним кратчайшим путем (рис. 1). Почти у всех изученных мышц как человека, так и обезьян «ворота» находились с их внутренней стороны, причем, нервы внедряются в проксимальном отделе мышц. Внутримышечные нервные ветви имеют три типа ветвления, однако для поверхностных мышц спины, груди и плечевого пояса характерен рассыпной тип ветвления. Следует отметить, что в хорошо развитых мышцах, особенно у человекообразных обезьян, нервные ветви распределяются послойно.

В толще мышц плеча исследованных обезьян характер распределения нервов представляет собой сложную картину (рис. 2). Нервы, внедрившись в мышцы, распределяются обычно по смешанному и магистральному типам ветвления, причем между стволиками различных порядков наблюдаются соединения, в связи с чем внутри мышц образуются

крупнопетлистые сплетения. Наиболее хорошо они выражены у гамадрила и, особенно, у шимпанзе, однако у гамадрила, по сравнению с другими исследованными обезьянами, в трехглавой мышце нервные сплетения в каждой головке обособлены, так как головки этой мышцы соединяются лишь своими дистальными отделами.

У человека распределение внутримышечных нервов характеризуется ветвлением по магистральному типу, количество связей между стволиками увели-



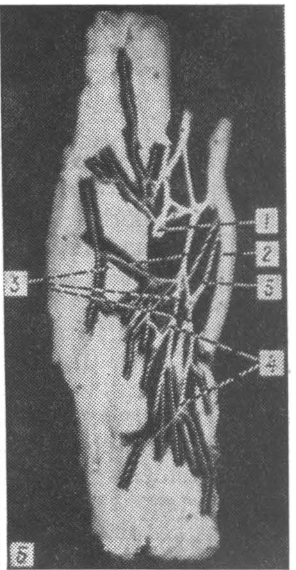
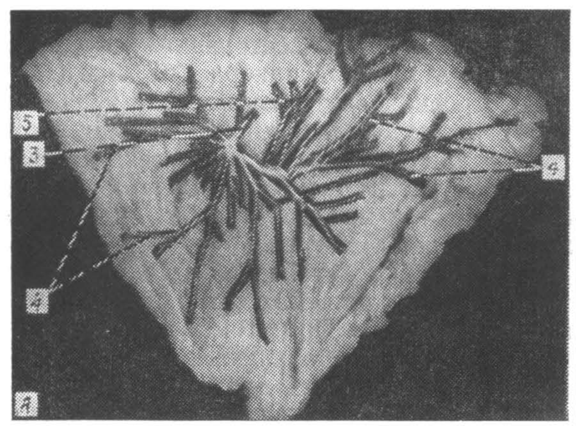


Рис. 1. Нервы плечевой мышцы:

А — гамадрила; *Б* — тонкотела; *1* — мышечно-кожный нерв; *2* — ствол срединного нерва; *3* — внутримышечные стволики I—III порядков; *4* — участок мышцы с двойной иннервацией; *5* — внутримышечные нервные связи



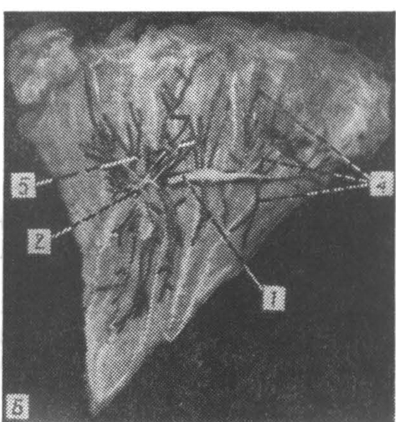


Рис. 2. Нервы дельтовидной мышцы:

А — тонкотела; *Б* — человека; *1* — ветвь подкрыльцового нерва к акромиальному и ключичному отделам мышцы; *2* — ветвь подкрыльцового нерва к лопаточному отделу мышцы; *3* — ветвь подкрыльцового нерва; *4* — внутриогранные стволики I—III порядков; *5* — внутримышечные нервные связи.

чивается, поэтому в толще мышц плеча внутримышечные сплетения приобретают мелкопетлистый характер.

Нервоснабжение мышц предплечья изученных животных зависит от степени развития тех или иных мышц, что определяется функцией грудных конечностей в целом.

Так, у обезьян (особенно у шимпанзе) пронаторы достигли значительного развития, их внутримышечные нервы распределяются по магистральному и смешанному типам ветвления, между нервными стволиками имеются связи. Супинатор развит слабо, он обычно иннервируется

одной нервной ветвью, которая в толще мышцы отдает немногочисленные стволики I, II порядков.

Сгибатели (поверхностный и глубокий) и общий разгибатель пальцев имеют слоистый внутриорганный нервный аппарат, за счет образования довольно обширных сплетений. При этом глубокий сгибатель пальцев получает двойную иннервацию. В него поступают ветви от срединного и локтевого нервов, которые у всех исследованных обезьян в толще мышцы образуют связи. Исключение составляет гамадрил, у него глубокий сгибатель пальцев разделен на три изолированные головки, в связи с чем стволики локтевого нерва, распределяясь в одноименной головке, не образуют связей со срединным.

Мышцы, приводящие в движение большой палец у обезьян, развиты по-разному. Так, длинный сгибатель пальцев как самостоятельная мышца существует только у шимпанзе и гориллы, у гамадрила она отсутствует, у других обезьян — отщепляется от глубокого сгибателя пальцев в дистальном его отделе. У исследованных обезьян (за исключением шимпанзе) отсутствуют также длинный и короткий разгибатели пальцев. Эти мышцы чаще всего иннервируются одной ветвью, в толще мышц стволики образуют единичные связи.

Мышцы, приводящие в движение лучезапястный сустав у приматов, достаточно хорошо развиты, их внутриорганный нервный аппарат имеет плексусное строение.

У человека мышцы предплечья наиболее высоко дифференцированы, в иннервации их чаще участвует большее количество нервных ветвей, внутри мышц, как правило, наблюдаются обширные мелкопетлистые сплетения.

Таким образом, наличие связей как между короткими и длинными ветвями плечевого сплетения, так и между их разветвлениями в толще мышц, является показателем многосегментарной иннервации мышц конечностей, а наличие плексусного строения внутримышечного нервного аппарата в определенной мере отражает функцию мышц. При этом с усложнением функции мышц как у приматов, так и у человека наблюдается увеличение количества связей между внутриорганными нервами, появление внутримышечных крупно- и мелкопетлистых сплетений. Наличие нервных связей представляет собой интерес.

Если исходить из теории движений (Бернштейн, 1947; Гилев, 1966; Дейвис, 1970 и др.), то в мышцах волна сокращения охватывает не все пучки, и в работу они включаются поочередно. При этом в мышцах статических (силовых) одновременно включается большее количество мышечных пучков, чем в динамических, работающих длительно и выполняющих высоко дифференцированные движения, однако в последних они включаются в работу чаще. Переключение волны сокращения с одной группы мышечных волокон на другую также необходимо для нормального протекания восстановительных процессов. Можно думать, что в перераспределении нервных импульсов, вызывающих сокращение мышечных пучков, определенную роль играют внутриорганные нервные связи, являясь своего рода «переключателями». Это предположение иллюстрируется плексусным строением внутриорганной нервной сети в целом ряде мышц, что свидетельствует о взаимосвязанности (одновременности) дифференциации и преобразования функций с изменением строения органов.

ЛИТЕРАТУРА

Бернштейн Н. А. О построении движений.— М. : Медгиз, 1947.
Бобин В. В. Некоторые особенности ветвления периферических нервов в сравнительно-анатомическом и возрастном аспекте.— Мат-лы к макро-микроскопической анатомии, 1973, **9**, с. 4—17.
Гилев В. П. Биофизика мышечного сокращения.— М. : Наука, 1966.
Дейвис Р. М. Моделирование мышцы с применением теории информации. Биоэлектрическое управление.— В кн.: Человек и автоматические системы.— М. : Наука, 1970.
Жеденов В. Н. Сравнительная анатомия приматов.— М. : Высшая школа, 1962.
Ковешникова А. К. К вопросу об иннервации статических и динамических мышц.— Изв. естест.-науч. ин-та им. П. Ф. Лесгафта, 1954, **26**.
Ковешникова А. К. Приспособительные морфологические изменения органов двигательного аппарата скелета мышц и их иннервации в связи с возрастом и функциональными нагрузками у человека и животных.— Тр. VI Всесоюз. съезда АГЭ.— Харьков, 1962.
Синельников Р. Д. Материалы к макро-микроскопической анатомии нервов скелетных мышц.— Мат-лы к макро-микроскопической анатомии, 1967, **4**, с. 148—155.
Gerkow W. S., Best T. H. Innervation of skeletel muscle.— Amer. J. Phys. Mem., 1958, **37**, N 5, p. 269—277.
Corvahlo-P. On the anatomy of the nerves in the ventrolateralis wall of the abdomen in the new-born.— Acta anat., 1957, **31**, N 26.
Mailiard J-P. Contribution a l'étude de l'innervation des muscles sternocleidomestoidien et trapeze chez l'homme et chez quelques mammi-teres.— Acta anat. embryol., 1957, **40**, p. 103—108.

Харьковский пединститут

Поступила в редакцию
26.VI 1978 г.